



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA

Autorizada pelo Decreto Federal nº 77.496 de 27/04/76
Recredenciamento pelo Decreto nº 17.228 de 25/11/2016



PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
COORDENAÇÃO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA

XXIX SEMINÁRIO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA DA UEFS **SEMANA NACIONAL DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA - 2025**

Investigação de Redes Piramidais para classificação de lesões em glomérulos renais

Brenda Barbosa de Oliveira¹; Angelo Amancio Duarte²

1. Voluntária –PVIC/UEFS, Graduando em Engenharia da Computação, Universidade Estadual de Feira de Santana,

e-mail: lbrendabarbosa@gmail.com

2. Orientador, Departamento de Tecnologia, Universidade Estadual de Feira de Santana, e-mail:

angeloduarte@uefs.br

PALAVRAS-CHAVE: Redes Neurais Piramidais; Glomérulos Renais.

INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, a aplicação de técnicas de Visão Computacional (VC) e Aprendizado de Máquina à Medicina Diagnóstica tem promovido avanços significativos na análise automatizada de imagens biomédicas. Em particular, o diagnóstico histopatológico — processo crítico na identificação de doenças a partir da análise de tecidos — tem se beneficiado amplamente dessas tecnologias. Esse campo tem demandado sistemas computacionais cada vez mais precisos, capazes de reconhecer padrões complexos em imagens digitais oriundas de lâminas histológicas..

O projeto PathoSpotter, iniciado em 2015, surgiu com o propósito de desenvolver ferramentas computacionais para apoiar o diagnóstico de lesões glomerulares em biópsias renais. Utilizando imagens digitais de glomérulos isolados ou lâminas inteiras (Whole Slide Images - WSIs), o projeto tem explorado diferentes abordagens em Inteligência Artificial, incluindo classificadores baseados em Redes Neurais Convolucionais (CNNs) — modelo que se tornou o estado da arte em tarefas de classificação e detecção de padrões em imagens. As CNNs são especialmente eficazes na extração automática de características visuais relevantes a partir das imagens, contudo, apesar do desempenho robusto das CNNs do PathoSpotter, ainda há espaço para aprimoramento na classificação das lesões glomerulares.

Nesse contexto, o reconhecimento de padrões em múltiplas escalas é extremamente relevante no contexto da histopatologia renal, onde estruturas podem variar significativamente em tamanho, forma e textura, tanto entre diferentes tipos de lesão quanto entre os próprios glomérulos. Desse modo, este trabalho propõe o estudo de redes piramidais como uma via para aumentar o desempenho dos classificadores de lesões glomerulares. Redes Piramidais são arquiteturas projetadas para reduzir progressivamente as dimensões espaciais dos mapas de características, mantendo uma rica hierarquia de informações. Essa estrutura hierárquica é crucial, pois permite que a

rede capture características em múltiplas escalas, o que a torna apta a manipular objetos de tamanhos e complexidades variados (Lin et al., 2017).

Portanto, o presente trabalho tem como objetivo investigar o uso de redes piramidais na classificação de lesões glomerulares em imagens histológicas renais. Ao estudar e aplicar arquiteturas como as Redes Piramidais de Características (*Feature Pyramid Networks*) no escopo do projeto PathoSpotter, espera-se construir classificadores mais robustos e sensíveis às variações morfológicas presentes nas diferentes glomerulopatias.

MATERIAL E MÉTODOS OU METODOLOGIA

Visando a classificação de glomérulos em imagens histológicas, técnicas de visão computacional e aprendizado profundo foram utilizadas de modo a implementar uma estrutura de classificadores com boa precisão diante dos desafios do projeto. Inicialmente, o modelo distingue entre glomérulos normais e aqueles que apresentam algum tipo de lesão histopatológica. Em seguida, glomérulos lesionados são encaminhados para um classificador multiclasse responsável por identificar o tipo específico de lesão entre membranose, esclerose e hiper celularidade.

Diante do desbalanceamento inerente entre as classes a estratégia de aprendizado sensível ao custo (*cost-sensitive learning*) foi aplicada. Desse modo, a função de perda foi configurada com pesos dinamicamente calculados, garantindo que o modelo atribuisse maior importância aos erros cometidos em classes sub representadas. A função utilizada foi a CrossEntropyLoss ponderada, treinada com o otimizador Adam, taxa de aprendizado inicial de 0.001 e treinamento por 10 épocas para atingir um melhor desempenho. Além disso, técnicas de aumento de dados como rotações aleatórias, espelhamento e inversões verticais, foram aplicadas visando a generalização do modelo.

Para a construção do classificador, utilizou-se a arquitetura Fast R-CNN com backbone *ResNet-50* e *Feature Pyramid Network* (FPN), implementada por meio do framework Detectron2, desenvolvido pelo Facebook AI Research. Dadas as características do banco de imagens, contendo glomérulos isolados, a detecção de objetos não foi necessária. Dessa maneira, o modelo de FPN Fast R-CNN foi utilizado como um extrator de características convolucionais que, combinado com a ResNet-50, permite extrair representações multiescalares, o que é fundamental em imagens histológicas, onde padrões relevantes podem variar em tamanho e granularidade.

Já a avaliação foi conduzida por meio de validação cruzada estratificada com cinco folds. Essa abordagem garante que a proporção das classes seja mantida em cada divisão de treino e validação. Isso minimiza o risco de que os resultados sejam enviesados por uma única divisão de dados. Métricas como Acurácia, Precisão, Recall e F1-Score foram adotadas visando quantificar a performance do classificador. Além disso, a Matriz de Confusão foi gerada e visualizada para cada fold e também para o resultado agregado, oferecendo uma visão detalhada dos acertos e erros de classificação

por classe. Desse modo, a agregação dos resultados fornece uma estimativa mais confiável do desempenho geral do modelo.

RESULTADOS E/OU DISCUSSÃO

Esta seção resume e analisa os resultados dos dois modelos desenvolvidos no projeto PathoSpotter: um classificador binário para detectar a presença de lesões glomerulares e um classificador multilabel para identificar seus subtipos. Ambos foram avaliados com validação cruzada estratificada em 5 folds sobre um conjunto de 1469 imagens, assegurando equilíbrio na distribuição das classes em cada partição.

Classificador Binário: Detecção de Lesões Glomerulares

O classificador binário, desenvolvido para distinguir entre glomérulos lesionados e não lesionados como primeira etapa da triagem, apresentou resultados satisfatórios em todos os folds da validação cruzada. Ao agregar os resultados de todos os folds, o modelo alcançou uma Acurácia Média de 0.8873 ± 0.0124 com um baixo desvio padrão que ressalta a estabilidade e a pouca variabilidade do desempenho entre as diferentes partições dos dados. Já a precisão de 0,88 para a classe "Lesionado" revela que, entre as instâncias classificadas como positivas, a maioria corresponde efetivamente a glomérulos patológicos, o que é essencial em contextos clínicos para evitar diagnósticos incorretos. Também, o recall de 0,89 para a classe "Não Lesionado" demonstra que o modelo é eficaz na identificação de estruturas normais, contudo os erros de falsos negativos representam um risco clínico mais significativo. Esses indicadores são reforçados pela análise da matriz de confusão agregada na Figura 1.

Classificador Multiclasse: Classificação de Tipos Específicos de Lesões

Além da tarefa binária, foi implementado um classificador multiclasse para identificar três padrões histopatológicos específicos de lesões glomerulares: Membranose, Esclerose e Hiper celularidade, a partir de imagens rotuladas. O modelo foi treinado com validação cruzada estratificada em 5 folds e apresentou desempenho robusto, com F1-score médio final de 0,8761, precisão média de 0,8853, recall médio de 0,8707 e acurácia amostral média de 0,8414.

Ao analisar o desempenho por classe, as matrizes de confusão mostraram consistência na classificação de glomérulos Membranosos e desempenho competitivo nas demais classes. Em particular, a classe "Membranose" apresentou os melhores indicadores em todos os folds, com f1-scores variando entre 0,93 e 0,96, enquanto as classes "Esclerose" e "Hiper celularidade" apresentaram maior variabilidade, refletindo as diferenças morfológicas sutis entre essas lesões. Tal cenário ficou evidente nos testes de classificação em que, embora o sistema demonstre alta especificidade, ainda há casos em que lesões reais (como Esclerose e Hiper celularidade) são classificadas como normais. Isso reforça a necessidade de otimização contínua do modelo, especialmente para lesões com manifestações histológicas mais sutis.

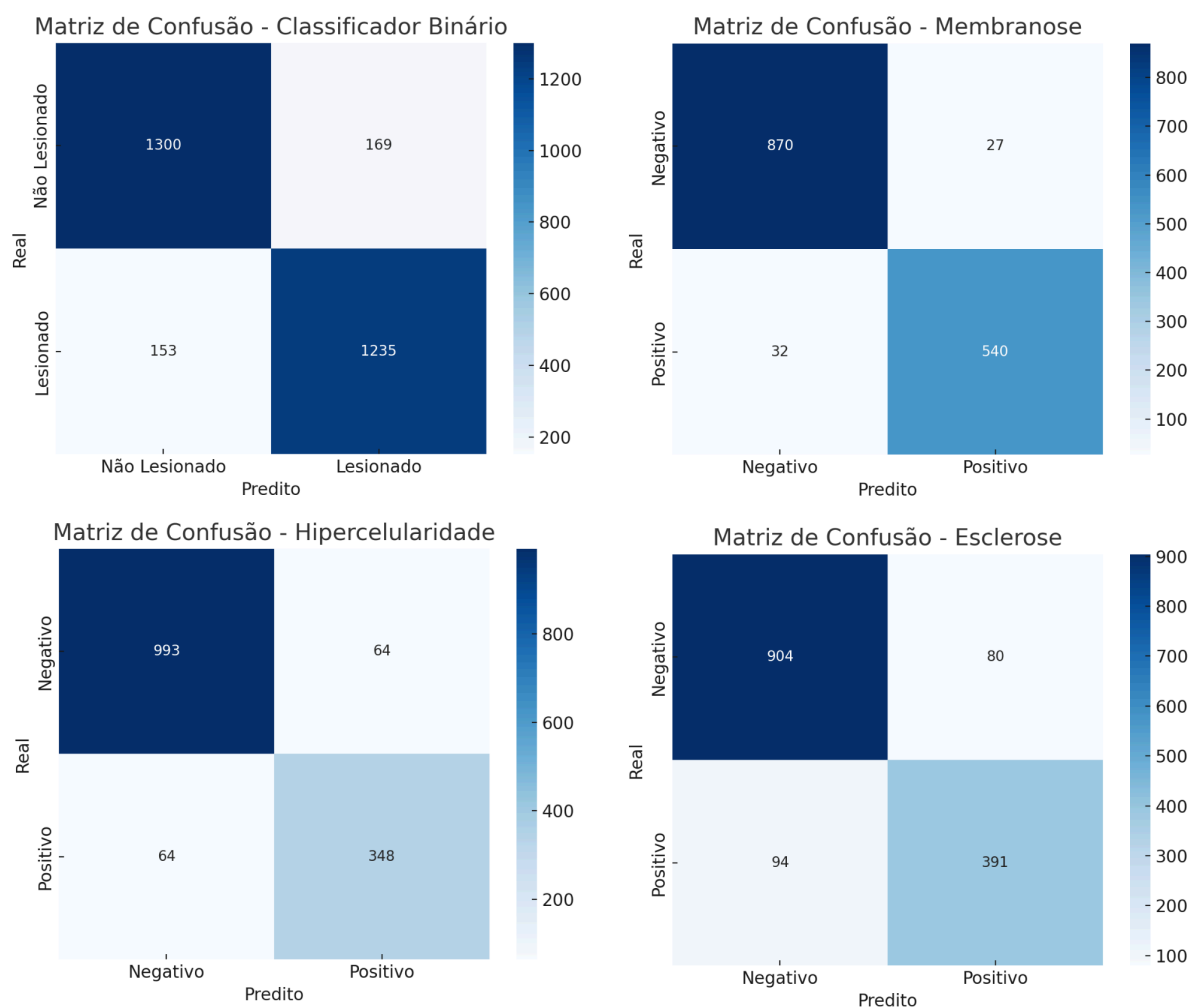


Figura 1 - A matriz de confusão agregada do classificador binário e multiclasse

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou a robustez e o potencial das redes neurais piramidais para a classificação de lesões em glomérulos renais, combinando classificadores binários e multiclasse. Os resultados de alta acurácia em ambos os classificadores, validados por uma metodologia de validação cruzada estratificada, confirmam a eficácia da abordagem. Embora o modelo multiclasse tenha apresentado maior desafio para as classes de Esclerose e Hiper celularidade, a performance geral atesta o valor dessas ferramentas computacionais como um apoio significativo no diagnóstico histopatológico, promovendo maior agilidade e objetividade na identificação de doenças renais no âmbito do projeto PathoSpotter. Desse modo, trabalhos futuros podem focar no aprimoramento da sensibilidade para lesões mais sutis

REFERÊNCIAS

LIN, T. Y., DOLLÁR, P., GIRSHICK, R., He, K., HARIHARAN, B., & BELONGIE, S. (2017). Feature pyramid networks for object detection. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR), 2017, 936-944.